

Institut für Önologie und Getränkeforschung, Fachgebiet Mikrobiologie und Biochemie,
Forschungsanstalt Geisenheim, BR Deutschland

Die Selektion einer Hefemutante zur Verminderung der Farbstoffverluste während der Rotweingärung

von

K. WENZEL †

The selection of a yeast mutant to reduce colour losses during red wine fermentation

Summary: The losses between individual anthocyanins differ greatly during fermentation. The biggest decrease is observed with Cy-3-Gl (95 %), followed by Po-3-Gl (75 %), Dl-3-Gl (65 %), Pt-3-Gl (55 %) and Mv-3-Gl (50 %). The grape varieties of the Trollinger group have bigger calculated decreases in the anthocyanin content (75 %) than the other grape varieties (50—60 %). The β -glucosidase of yeast is partly responsible for the colour losses during fermentation. A yeast mutant with a low β -glucosidase activity was selected. Grape varieties of the Trollinger group will show reduced colour losses when fermented with this yeast mutant.

Key words: yeast, mutation, selection, red wine, anthocyanin, fermentation, enzyme, β -glucosidase, variety of vine.

Einleitung

Die Qualität eines Rotweins wird in hohem Maße durch seine Farbintensität bestimmt. In den nördlichen Weinbaugebieten ist, vor allem wegen der geringeren Sonneneinstrahlung, der Farbstoffgehalt der Trauben oft zu niedrig. Deshalb sollten bei der Rotweinausbereitung die Farbverluste so gering wie möglich gehalten werden. Beim Rotweinausbau treten die größten Verluste während der Gärung auf (3, 7, 12). Für die Farbverluste wurde die β -Glucosidase der Hefe mitverantwortlich gemacht (3, 4), jedoch konnte ein Beweis für diesen Abbaumechanismus nicht erbracht werden.

Das Ziel dieser Arbeit war es, die folgenden Fragen zu klären:

1. Bestehen während der Gärung Unterschiede
 - a) im Abbau der verschiedenen Anthocyane
 - b) im Farbstoffabbau bei verschiedenen Rebsorten und welche Ursachen sind hierfür verantwortlich?
2. Welchen Einfluß übt die β -Glucosidase der Hefe auf die Farbstoffzusammensetzung und den Farbstoffgehalt aus?
3. Gibt es β -Glucosidase-negative Hefen oder Hefen mit geringerer Aktivität und können solche Hefen selektioniert werden?
4. Können durch den Einsatz von Hefen mit geringer β -Glucosidase-Aktivität Weine mit höherem Farbstoffgehalt erzeugt werden?

Abkürzungen

Cy = Cyanidin

Dl = Delphinidin

Mv = Malvidin

Po = Peonidin

Pt = Petunidin

Gl = Glucosid

NTG = N-Methyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidin

Material und Methodik

1. Most

1986er Dornfelder Rotmost, durch Maischeerhitzung gewonnen. Ursprüngliches Mostgewicht 74 °Oe, auf 90 °Oe mit Saccharose angereichert.

2. Hefen

20 im Handel befindliche Wein-Trockenhefen (*Saccharomyces cerevisiae*), 40 *S. cerevisiae*-Stämme aus der Sammlung des Fachgebiets Mikrobiologie und Biochemie der Forschungsanstalt Geisenheim.

3. Gärung

In 25-l-Glasballons wurden jeweils 20 l Most mit 10 g/hl Trockenhefe beimpft und bei ca. 20 °C vergoren. Zur Anthocyanbestimmung wurden während der Gärung Proben entnommen und membranfiltriert.

4. HPLC-Analyse

Zur Bestimmung der Anthocyane wurde die Methode von WULF und NAGEL (14) geringfügig modifiziert (13).

5. Herstellung von Hefemutanten (8):

1 ml einer frischen Hefesuspension wurde zentrifugiert, mit 10 ml Puffer (0,1 M KH_2PO_4 , pH 7,3) gewaschen, zentrifugiert und in 5 ml Puffer suspendiert. Die Hefesuspension wird mit 0,5 ml N-Methyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidin- (NTG-)Lösung (2 mg/ml) inkubiert (90 min bei 30 °C). NTG wird durch 4maliges Waschen mit Pufferlösung entfernt. Mit dem Koch'schen Plattengußverfahren werden die Hefen in Malzagar vereinzelt, die Einzelkolonien werden in 10 ml Traubensaft übergeimpft.

6. Schnelltest der Hefe auf β -Glucosidase-Aktivität

Zur Hefeklassifikation wird u.a. das Spaltungsvermögen des β -Glucosids Esculin herangezogen (2). Für einen Schnelltest zur Bestimmung der β -Glucosidase-Aktivität der Hefe wurde die Methode wie folgt verändert:

Das Nährmedium, bestehend aus 10 g Hefeextrakt, 10 g Trypton, 1 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 5 g Fleischextrakt, 5 g $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ und 30 g Agar-Agar, wird bei 120 °C sterilisiert. Nach 24 h wird das Nährmedium durch Erhitzen verflüssigt und nach Zusatz von 5 g/l Esculin nochmals bei 100 °C sterilisiert. Nach Abkühlen auf 45 °C wird das Nährmedium in Petrischalen gegossen. Die Hefesuspension wird mit einer Impfnadel auf das Nährmedium gestrichen und bei 30 °C bebrütet. Nach 3—5 d kann festgestellt werden, ob die Hefe β -glucosidase-positiv (= brauner Hof um den Ausstrich) oder β -glucosidase-negativ ist (= keine Braunfärbung). Je nach Intensität der Braunfärbung ist eine halbquantitative Bestimmung der β -Glucosidase-Aktivität der Hefe möglich.

7. Bestimmung der β -Glucosidase-Aktivität

Zur Bestimmung der β -Glucosidase-Aktivität der verschiedenen Hefestämme wurde 1,5 l steriler Most (74 °Oe) mit 3 % einer gärenden Kultur beimpft; hiervon wurden täglich Proben zur Analyse entnommen.

a) Hefegebundene β -Glucosidase

Die Methode von SANDHU (10) wurde wie folgt geändert:

40 ml Hefesuspension (gärender Most) werden 2 × mit 25 ml Na-Acetat-Puffer (0,1 M, pH 5,0) gewaschen, die Hefe wird in 10 ml Puffer suspendiert. 2 ml dieser Suspension werden mit 1 ml NPG-Lösung (4 mmol/l p-Nitrophenyl- β -D-glucosid in Na-Acetat-Puffer, pH 5) 2 h bei 30 °C inkubiert. Die Reaktion wird durch Zugabe von 3 ml Na₂CO₃-Lösung (0,2 M) gestoppt. Nachdem die Hefe abzentrifugiert ist, wird die Extinktion bei 405 nm gemessen. Für die Kontrolle werden nacheinander 3 ml Na₂CO₃-Lösung, 2 ml Hefesuspension und 1 ml NPG-Lösung gemischt.

Die Extinktionsdifferenz (ΔE) dient als Maß für die Enzymaktivität.

b) Im Medium gelöste (extrazelluläre) β -Glucosidase

Wegen der geringen Enzymaktivität wurde die Boehringer-Methode (1) wie folgt geändert; in eine Küvette pipettiert werden:

2 ml zentrifugierter Most

1 ml NPG-Lösung (s. 7. a)

Mischen, 5 h bei 30 °C inkubieren

Anschließend 3 ml 0,2 M Na₂CO₃-Lösung zusetzen

Extinktion bei 405 nm messen.

Für die Kontrolle werden die Lösungen in umgekehrter Reihenfolge gemischt.

8. Herstellen eines β -Glucosidase-Rohextrakts aus Hefe

Die Herstellung des Rohextraktes erfolgte nach der Methode von ROHRBACH *et al.* (9), die wie folgt geändert wurde:

200 g Trockenhefe (zur Weinbereitung) werden in 800 ml verdünnte Essigsäure (3 ml Essigsäure/l) suspendiert und nach 30 min Rühren abzentrifugiert. Der Überstand wird mit dem halben Volumen Aceton vermischt und 12 h bei -25 °C aufbewahrt. Der Niederschlag wird abzentrifugiert, und der Überstand nochmals mit dem halben Volumen Aceton gemischt. Zum Ausfällen der β -Glucosidase wird die Lösung

Tabelle 1

Errechneter Anthocyangehalt im Jungwein in % im Vergleich zum Most (= 100 %)

Calculated per cent anthocyanin content of young wine in comparison to must (= 100 %)

Spätburgunder-Gruppe		Trollinger-Gruppe		Malvidin-Gruppe		Gruppe mit annähernd gleicher Anthocyanverteilung
Blauer Arbst	42	Freisa	27	Farbtraube	43	Cabernet franc 43
Deckrot	39	Helfensteiner	27	Gamay	44	Cabernet
Blauer Frühburgunder	41	Pinotage	19	Heroldrebe	43	Sauvignon 39
Müllerrebe	42	Raboso veronese	28	Blauer Limberger	45	Carmina 41
Blauer Spätburgunder	43	Rotberger	23	St. Laurent	43	Cinsaut 42
		Sangiovese	29	Blauer Portugieser	42	Dornfelder 38
		Trollinger	26	Syrah	42	Dunkelfelder 41
				Zweigelt	43	Merlot 35
						Teroldego 39
Ø	41		26		43	40

12 h bei -25°C gehalten; das gefällte Enzym wird abzentrifugiert. Fast die gesamte β -Glucosidase-Aktivität ist im Niederschlag enthalten.

9. Enzymatischer Farbstoffabbau

Zu 30 ml Rotmost wird 50 mg β -Glucosidase-Rohextrakt bzw. 20 mg Glucanex (β -Glucanase der Fa. Novo Ferment, Schweiz) gegeben und bei 25°C inkubiert. Zur Anthocyanbestimmung werden stündlich Proben für die HPLC-Analyse membranfiltriert. Nach jeder Probenahme wird der Ansatz mit Stickstoff überschichtet, um Oxidationen auszuschalten.

Ergebnisse und Diskussion

1. Farbstoffverluste während der Gärung

In Abb. 1 sind der Gärverlauf und die Farbstoffverluste der Anthocyane während der Gärung wiedergegeben. Die einzelnen Anthocyane werden sehr unterschiedlich abgebaut. Die Anthocyane mit 2 Substituenten im B-Ring (Cy-3-Gl und Po-3-Gl) nehmen während der Gärung stärker ab als die Anthocyane mit 3 Substituenten im B-Ring (Dl-3-Gl, Pt-3-Gl und Mv-3-Gl). Keine großen Unterschiede bestehen zwischen

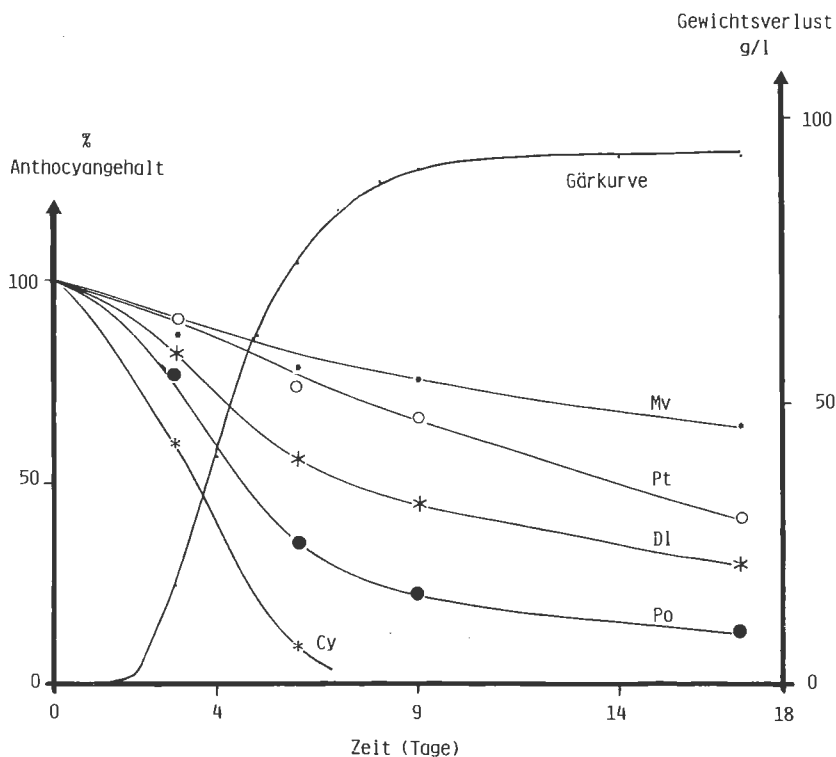


Abb. 1: Abnahme der Anthocyane im Verlauf der Gärung (Hefe G 74).

Decrease of the anthocyanins during fermentation (Yeast G 74).

den Verlusten der acylierten Anthocyane während der Gärung. Sie sind relativ stabil und ihre Abnahme ist der von Mv-3-Gl vergleichbar.

Innerhalb einer Substituentengruppe sind die Anthocyane mit Methoxygruppen im B-Ring stabiler als diejenigen mit OH-Gruppen. Deshalb ist bei den Anthocyanen mit 3 Substituenten Mv-3-Gl mit 2 Methoxygruppen stabiler als Pt-3-Gl mit einer Methoxygruppe, und dieses ist wiederum stabiler als Dl-3-Gl ohne Methoxygruppe im B-Ring. Bei den Anthocyanen mit 2 Substituenten ist Po-3-Gl mit einer Methoxygruppe stabiler als Cy-3-Gl ohne Methoxygruppe im B-Ring.

Da einerseits große Unterschiede in der Anthocyanzusammensetzung der einzelnen Rebsorten bestehen (13) und andererseits — wie aus Abb. 1 ersichtlich — große Unterschiede im Abbau der verschiedenen Anthocyane während der Gärung auftreten, müssen auch Unterschiede im Farbstoffverlust zwischen den Rebsorten bestehen.

In Tabelle 1 sind die errechneten Farbverluste der einzelnen Rebsorten während der Gärung angegeben. Die Berechnung erfolgte aufgrund der prozentualen Anthocyanzusammensetzung der verschiedenen Rebsorten (13) und der durchschnittlichen Abnahme der Anthocyane während der Gärung.

Die Rebsorten der Trollinger-Gruppe zeigen die größten Farbstoffverluste. Das ist verständlich, da bei diesen Sorten der Anteil der Anthocyane mit 2 Substituenten überwiegt (13) und diese Farbstoffe die größten Verluste während der Gärung aufweisen. Bei den anderen Sorten ist Mv-3-Gl die Hauptfarbstoffkomponente (13), und die Farbverluste während der Gärung sind erwartungsgemäß geringer, da Mv-3-Gl die stabilste Farbstoffkomponente während der Gärung ist.

2. Abnahme der Farbstoffe durch β -Glucosidase und durch Glucanex

In Abb. 2 ist der zeitliche Verlauf der Anthocyanabnahme durch den Zusatz von β -Glucosidase-Rohextrakt aus Hefen zu einem Rotmost dargestellt. Die Kurvenverläufe beim Einsatz der β -Glucosidase und während der Gärung (Abb. 1) zeigen dieselbe Tendenz. Die Reihenfolge der Kurven ist in beiden Fällen gleich; Cy-3-Gl wird am stärksten abgebaut, dann folgen Po-3-Gl, Dl-3-Gl, Pt-3-Gl und Mv-3-Gl. Diese Tatsache ist ein Hinweis darauf, daß die β -Glucosidase der Hefe zumindest teilweise für den Farbstoffabbau während der Gärung verantwortlich ist.

Im Vergleich zum Anthocyanabbau durch β -Glucosidase ist die Reihenfolge des Abbaus während der nichtenzymatischen Oxidation (11) oder während des Abbaus durch das Enzym Laccase (6) ganz unterschiedlich.

Wie Abb. 3 zeigt, ist der Kurvenverlauf auch bei Zusatz von Glucanex zu Rotmost der Farbstoffabnahme während der Gärung (Abb. 1) vergleichbar. Glucanex ist keine reine Glucanase sondern besitzt β -Glucosidase-Fremdaktivität (5). Der Abbau der Anthocyane durch Glucanex ist wahrscheinlich auf diese Fremdaktivität zurückzuführen. Die gleichartigen Kurvenverläufe sind ein weiterer Hinweis darauf, daß die β -Glucosidase der Hefe für den Farbstoffverlust während der Gärung mitverantwortlich ist.

3. Bestimmung der β -Glucosidase-Aktivität der Hefe

Alle 20 untersuchten Wein-Trockenhefen und 40 weitere Stämme von *S. cerevisiae* aus der Sammlung des Fachgebiets Mikrobiologie und Biochemie der Forschungsanstalt Geisenheim zeigten sowohl an die Hefezellwand gebundene wie auch extrazelluläre β -Glucosidase-Aktivität. Das an die Hefezellwand gebundene Enzym hatte bei allen Hefen eine 4- bis 20fach höhere Aktivität. Dieser Sachverhalt stimmt mit den Ergebnissen von SANDHU *et al.* (10) überein, die ebenfalls bei einem Stamm von *S. cere-*

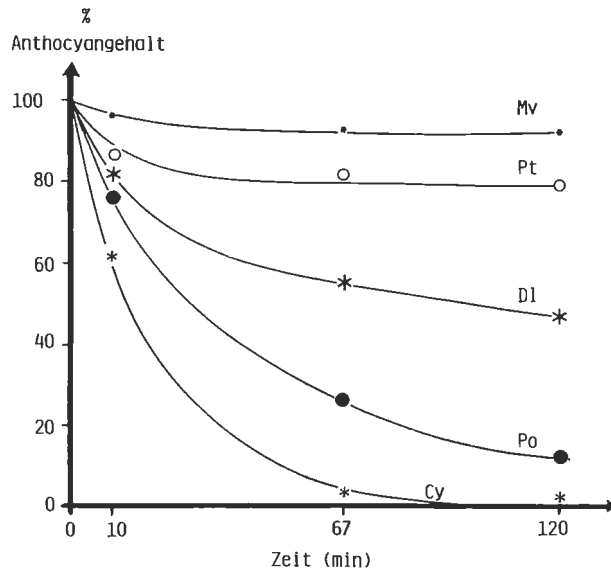


Abb. 2: Anthocyanabnahme durch β -Glucosidase.
Decrease of the anthocyanins by β -glucosidase.

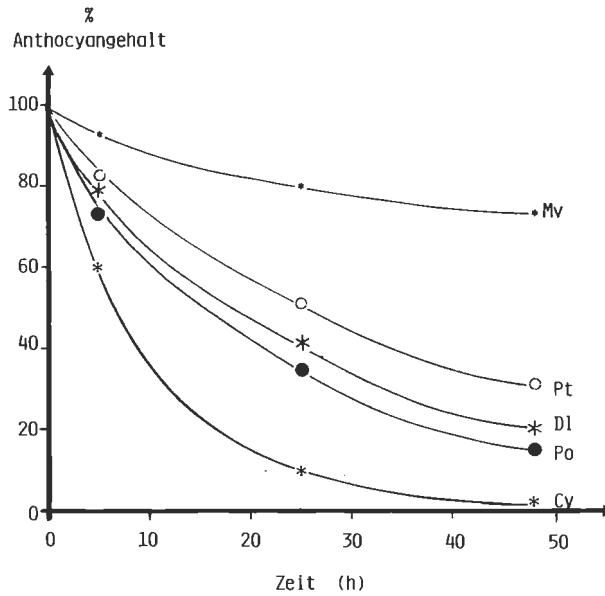


Abb. 3: Abnahme der Anthocyane durch Glucanex.
Decrease of the anthocyanins by Glucanex.

visiae eine wesentlich höhere zellwandgebundene β -Glucosidase-Aktivität feststellen.

Die Veränderungen der β -Glucosidase-Aktivität während der Gärung sind in Abb. 4 dargestellt. Ungefähr gleichzeitig mit dem Maximum der Gäraktivität des Hefestammes G 74 wird auch die maximale β -Glucosidase-Aktivität erreicht. Bei den anderen untersuchten Hefen wurden ähnliche Kurvenverläufe festgestellt: Die maximale β -Glucosidase-Aktivität liegt kurz vor oder kurz nach dem Maximum der Gärintensität. Am Ende der Gärung besitzt die Hefe nur noch eine sehr geringe Enzymaktivität.

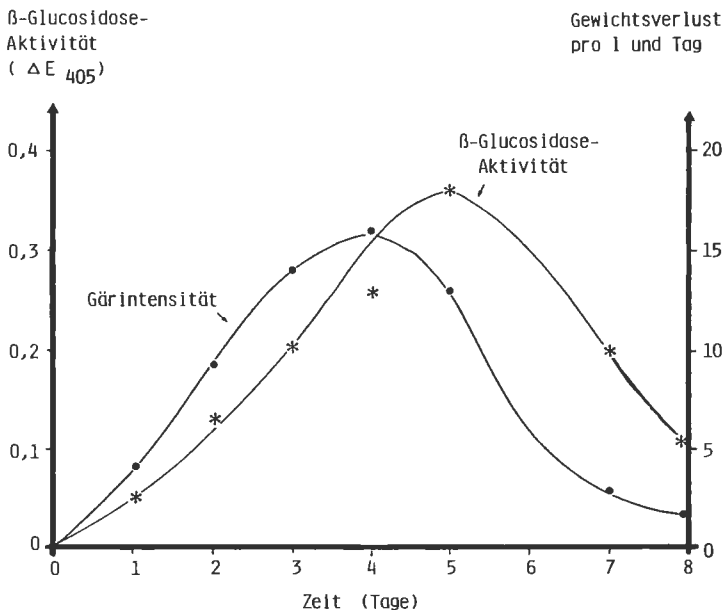
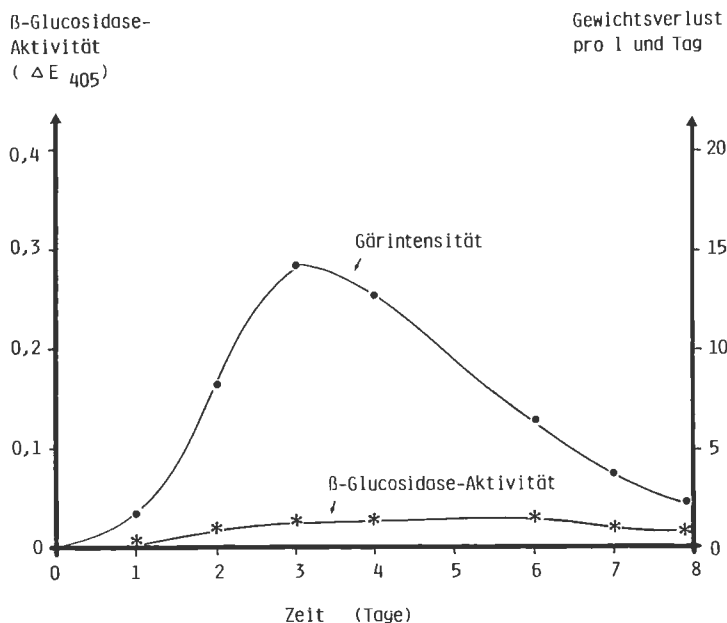


Abb. 4: Gärintensität und β -Glucosidase-Aktivität der Hefe G 74.
Fermentation intensity and β -glucosidase activity of the yeast G 74.

4. Selektion von Hefen mit geringer β -Glucosidase-Aktivität

Die untersuchten Wein-Trockenhefen und die 40 *S. cerevisiae*-Stämme aus unserer Hefesammlung zeigten zwar unterschiedliche, aber bei allen Hefen relativ hohe β -Glucosidase-Aktivitäten. Deshalb wurden von verschiedenen Hefestämmen mit NTG Mutanten erzeugt und mit dem Schnelltest auf β -Glucosidase untersucht.

Fast alle auf diese Weise erzeugten Mutanten hatten die gleiche β -Glucosidase-Aktivität wie der jeweilige Ausgangsstamm. Eine Mutante G 88 des Hefestammes G 74 zeigte eine wesentlich geringere Aktivität (Abb. 5). Addiert man die Aktivitäten der einzelnen Tage während der Gärung, so hat die Mutante G 88 eine ca. 5 \times niedrigere Aktivität.

Abb. 5: Gärintensität und β -Glucosidase-Aktivität der Mutante G 88.Fermentation intensity and β -glucosidase activity of the mutant G 88.

5. Farbstoffverluste während der Gärung durch die Mutante G 88

Der prozentuale Farbstoffgehalt im Wein im Vergleich zum Most nach Vergärung durch die Mutante G 88 und den Ausgangsstamm (G 74) ist in der Tabelle 2 wiedergegeben. Bei den Anthocyanen mit 2 Substituenten, nämlich Cy-3-Gl und Po-3-Gl, ist der Farbstoffabbau durch die Mutante wesentlich geringer als durch den Wildtyp G 74. Der mit der Mutante vergorene Wein hat einen um 245 % höheren Cy-3-Gl-Gehalt und einen um 59 % höheren Po-3-Gl-Gehalt. Die Gehalte an Anthocyanen mit 3 Substituenten im B-Ring zeigen nach Vergärung mit den beiden Hefen nur geringe Unterschiede.

Aus der Tatsache, daß durch die Vergärung mit der Mutante G 88 die Farbstoffverluste aller Anthocyane gegenüber dem Most nur 52—62 % betragen, während bei der Ursprungsform G 74 bei den zweifach substituierten Anthocyanen Verluste von 73—89 % auftraten, kann geschlossen werden, daß es neben der β -Glucosidase auch noch eine andere Ursache für den Farbverlust während der Gärung geben muß.

Da bei der Vergärung durch die Mutante G 88 nur die Anthocyane mit 2 Substituenten weniger stark abgebaut werden, ist es nur dann sinnvoll, diese Hefe einzusetzen, wenn diese Anthocyane auch die Hauptfarbstoffkomponenten sind. Dies trifft für die Rebsorten der Trollinger-Gruppe zu (13).

Aus der jeweiligen prozentualen Anthocyan-Zusammensetzung der Rebsorten (13) und dem prozentualen Farbstoffgehalt des Weins (Tabelle 2) kann der im Wein verbleibende Anteil der Farbstoffe berechnet werden. Dies ist für Rebsorten der Trollinger-

Tabelle 2

Der prozentuale Anthocyangehalt im Wein im Vergleich zum Most (= 100 %) a) mit der Mutante G 88 und b) mit der nicht mutierten Hefe G 74 vergoren

Per cent anthocyanin content in wine in comparison to must (= 100 %) fermented by a) the mutant G 88 and b) the original strain G 74

	Anthocyanidin-3-glucoside				
	2 Substituenten		3 Substituenten		
	Cy	Po	Di	Pt	Mv
(a) Mutante G 88	38	43	44	46	48
(b) Nicht mutierte Hefe G 74	11	27	37	45	49
Farbstoffdifferenz in % $(\frac{a}{b} \cdot 100 - 100)$	245	59	19	2	-2

Tabelle 3

Errechnete Farbstoffgehalte im Wein (in %) im Vergleich zum Most (= 100 %), a) mit der Mutante G 88 vergoren, b) mit der nicht mutierten Hefe G 74 vergoren, bei Rebsorten der Trollinger-Gruppe

Calculated anthocyanin content (%) in wines of the Trollinger group in comparison to must (= 100 %) fermented by a) the mutant G 88 and b) the original yeast G 74

	(a) Mutante G 88	(b) nicht mutierte Hefe G 74	Farbstoffgewinn durch die Mutante in % $(\frac{a}{b} \cdot 100 - 100)$
Freisa	42	28	50
Helfensteiner	40	25	60
Rotberger	40	24	67
Trollinger	40	25	60
Ø	41	26	59

Gruppe in Verbindung mit der Mutante G 88 und der Originalhefe G 74 durchgeführt worden (Tabelle 3).

Bei allen gezeigten Rebsorten werden während der Gärung mit der Mutante G 88 geringere Farbverluste festgestellt; durchschnittlich weisen die erhaltenen Weine einen um 59 % höheren Farbstoffgehalt auf als bei Verwendung der Originalhefe G 74.

Zusammenfassung

Die einzelnen Anthocyane nehmen während der Gärung unterschiedlich stark ab. Die Reihenfolge der Abnahme ist wie folgt: Cy-3-Gl (95 %) nimmt am stärksten ab, gefolgt von Po-3-Gl (75 %), Di-3-Gl (65 %), Pt-3-Gl (55 %) und Mv-3-Gl (50 %).

Für die Rebsorten der Trollinger-Gruppe wurden größere Verluste (ca. 75 %) als für die anderen Rebsorten (50—60 %) errechnet. Die β -Glucosidase der Hefe ist mitverantwortlich für diese Verluste. Mit einer Hefemutante, die eine geringe β -Glucosidase-Aktivität aufweist, können die Farbverluste während der Gärung bei den Rebsorten der Trollinger-Gruppe verringert werden.

Für die Anfertigung der Zeichnungen danke ich Frau ZOCH.

Literatur

1. ANONYM; 1980: Bestimmung der β -Glucosidase-Aktivität. Firmenschrift der Fa. Böhlinger, Mannheim, Nr. 5156.
2. BARNETT, J. A.; INGRAM, M.; SWAIN, T.; 1956: The use of β -glucosides in classifying yeasts. *J. Gen. Microbiol.* **15**, 529—555.
3. DITTRICH, H. H.; 1987: Mikrobiologie des Weines. 2. Aufl. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
4. DRIES, M.; 1975: Neuartige Farbmessungen der Farbintensität und Farbveränderungen bei Rotweinbereitungsverfahren und ihre Ursachen. Diplomarb. Fachhochsch. Wiesbaden/Geisenheim.
5. HASSINGER, C.; 1986: Einsatz von Enzympräparaten bei der Getränkeherstellung: Biochemische Charakterisierung von β -Glucanase. Diplomarb. Fachhochsch. Wiesbaden/Geisenheim.
6. HEIMFARTH, M.; 1985: Anthocyane in Trauben und ihre Veränderungen. Diplomarb. Fachhochsch. Wiesbaden/Geisenheim.
7. LEMPERLE, E.; 1983: Rotweinbereitung und Probleme der Farberhaltung. *Bad. Winzer* **7**, 384—392.
8. MOLZAHN, S. W.; 1976: A new approach to the application of genetics to brewing yeast. *J. Amer. Soc. Brew. Chem.* **35**, 54—59.
9. ROHRBACH, R. P.; SCHERL, D. S.; DETROY, R. W.; 1985: Cellobiose hydrolysis by an immobilized yeast β -1,4-glucosidase. *Biotechnol. Bioeng. Symp.* Nr. 15, 363—374.
10. SANDHU, D. K.; MONDAL, D.; SIDHU, M. S.; 1984: Utilization of cellobiose and production of β -glucosidase by nine yeast species. *Acta Biotechnol.* **4**, 163—170.
11. SCHAFFERUS, H.; 1985: Einfluß von Hefen und Milchsäurebakterien auf die Rotweinfarbe. Diplomarb. Fachhochsch. Wiesbaden/Geisenheim.
12. SCHMITT, H.; 1986: Veränderung der Anthocyanzusammensetzung während der Gärung und des biologischen Säureabbaus. Diplomarb. Fachhochsch. Wiesbaden/Geisenheim.
13. WENZEL, K.; DITTRICH, H. H.; HEIMFARTH, M.; 1987: Die Zusammensetzung der Anthocyane in den Beeren verschiedener Rebsorten. *Vitis* **26**, 65—78.
14. WULF, L. W.; NAGEL, C. W.; 1978: High-pressure liquid chromatographic separation of anthocyanins of *Vitis vinifera*. *Amer. J. Enol. Viticult.* **29**, 42—49.

Eingegangen am 30. 9. 1988

Korrespondenz an:
Institut für Önologie
und Getränkforschung
Fachgebiet Mikrobiologie
und Biochemie
Forschungsanstalt Geisenheim
Postfach 1154
D 6222 Geisenheim